RESEARCH HIGHLIGHT

December 2005

Technical Series 05-119

ENERGY AND WATER CONSUMPTION LOAD PROFILES IN MULTI-UNIT RESIDENTIAL BUILDINGS

INTRODUCTION

While research is beginning to generate an understanding of the annual energy and water consumption of multi-unit residential buildings, little information is currently available that can describe the consumption patterns of natural gas, electricity and water at any given time or over the course of a given day, week, month or season. This information is necessary for the evaluation of energy and water efficiency opportunities in multi-unit residential buildings, particularly in the application of cogeneration and load shedding technologies.

Canada Mortgage and Housing Corporation initiated a research project to access a proprietary database from Ozz Corporation of 15-minute meter readings of natural gas, electricity and water consumption data for 34 multi-unit residential buildings over a two-year period commencing May 1, 2001. Most of the buildings are located in the Greater Toronto Area of Ontario. While the database remains proprietary, information on energy and water load profiles has been generated to illustrate how energy and water are used on an hourly, daily, monthly basis and the overall magnitude of use. Not only are the load profiles of individual buildings of interest but also the variations between similarly equipped and sized buildings. This research documents the different features of the 34 buildings, characterizes the annual energy and water use, and provides insight on the 15-minute interval gas, electricity and water consumption data for a number of buildings in the sample set. In addition, a preliminary analysis of the annual load data for gas and electricity is provided.

RESEARCH PROGRAM

The natural gas consumption and electric loads in 34 multi-unit residential buildings and water consumption in 21 of these buildings were collected during a two-year period. The number of apartments in the buildings ranged from 69 to 473 units. In all of the buildings, domestic hot water is heated centrally by gas-fired boilers. Three of the buildings are heated electrically while the remaining buildings are heated by central gas-fired boilers connected to in-suite baseboard convectors or fan-coils. Most of the buildings (26 out of 34), including the three that are electrically heated, are bulk metered for electricity; eight of the buildings are electrically sub-metered but no in-suite data was collected.

The energy and water consumption data was analyzed in terms of

- total annual consumption per building
- normalized annual energy consumption per floor area
- normalized annual water consumption per suite
- daily consumption for the two-year period
- coincidental gas and electricity consumption for discrete time periods

A detailed statistical analysis of the data was undertaken to determine if there was any correlation between the characteristics of the buildings and energy or water use patterns observed and the strength of the correlations that were found to exist.

The following discussions highlight some of the findings of the study.

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

FINDINGS

The total annual energy consumption ranged from 281 to 581 ekWh/m² for gas-heated buildings, and from 340 to 347 ekWH/m² for electrically heated buildings. Figure 1 details the normalized (per 1,000 m² floor area) annual gas and electricity consumption of each building in the study—grouped in subsets that reflect heating energy source, presence of air-conditioning (a/c) and whether or not the electrical data included the in-suite use. In all buildings, the domestic hot water was heated by natural gas. The buildings in the Group 1 sample set were heated electrically (no a/c—hence the relatively larger electrical consumption in comparison with the other buildings.) Group 2 and 3 were heated by gas and were bulk metered for electricity. However, Group 2 had central a/c systems while Group 3 did not. The buildings in Group 4 are gas heated, no central a/c and only have the electricity use for the common areas represented (that is, no in-suite use).

Annual natural gas consumption was between 18 to 43 m³/ m² floor area (average 28 m³/m²). Annual electricity consumption within buildings with central air-conditioning systems was, on average, 116 kWh/m² while non air-conditioned buildings consumed 101 kWh/m² reflecting lower electricity use. Interestingly, electricity use when normalized *per suite* is actually less in the air-conditioned buildings. This is yet another indication of the large differences in the energy efficiency (consumption per unit area) among the buildings that are unrelated to the existing facilities or services. The relative average annual energy consumption for space heating, domestic hot water and electricity is shown here for the natural-gas heated buildings (Figure 2).

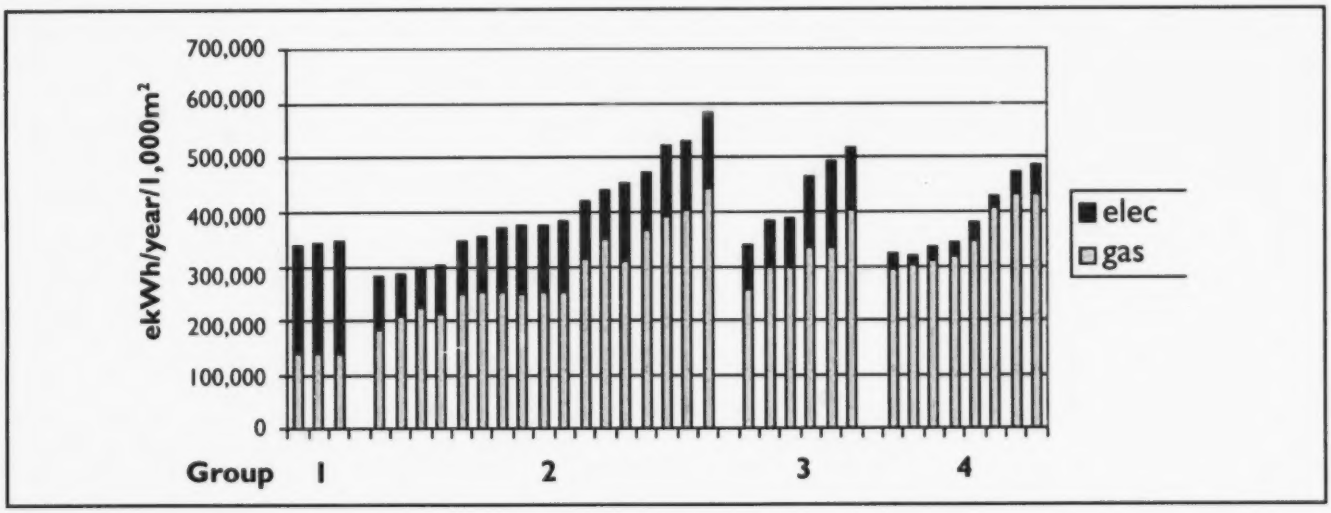

Figure 1: Annual Total Energy Consumption

In general, the research found that there were over two-fold differences in energy consumption per unit area among the 34 buildings. This applies to total energy consumption as well as to natural gas and electricity consumption separately. The differences in the usage levels could not be reliably assigned to building characteristics such as age, floor area, height or facilities such as the existence of an indoor or outdoor pool. The differences may however be attributed to variations in insulation, air leakage rates, combustion efficiencies, standby losses, controls and distribution inefficiencies of natural gas systems, or to poor energy management in general. The differences in the consumption per unit area were highly correlated with a measure of irregularities or inconsistencies in the building's gas consumption. A measure of these unexplainable irregularities was also highly correlated not only with the total gas but also total electricity consumption. It is suspected that many high-gas/electricity-use buildings have poor controls in place to regulate energy consumption.

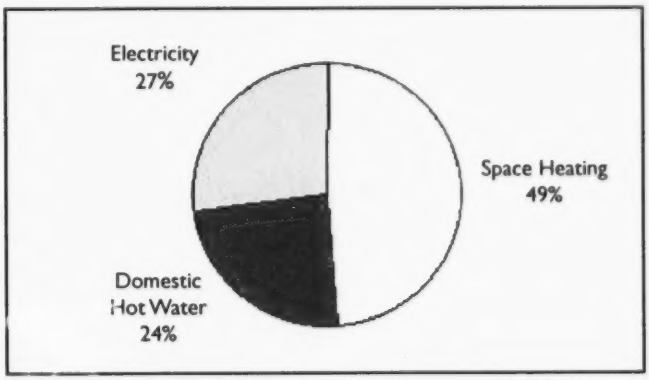

Figure 2: Annual Average Energy End-use Distribution (gas heated buildings)

Water consumption averaged 209 m^3/suite per year with a range from 92 to 313 m^3/suite per year. The consumption figures correspond to average Canadian household water use estimates that range from 192 to 313 m^3/suite per year in a 2-person suite (based on 263 to 313 Litres/person/day).

The annual natural gas consumption profile is shown in Figure 3 for selected gas heated buildings. The seasonal variation is evident and the "base" gas load for domestic hot water can be seen during the summer months. The domestic hot water load inferred by Figure 3 agreed well with the monitoring of natural gas use for domestic hot water heating in the electrically heated buildings subset.

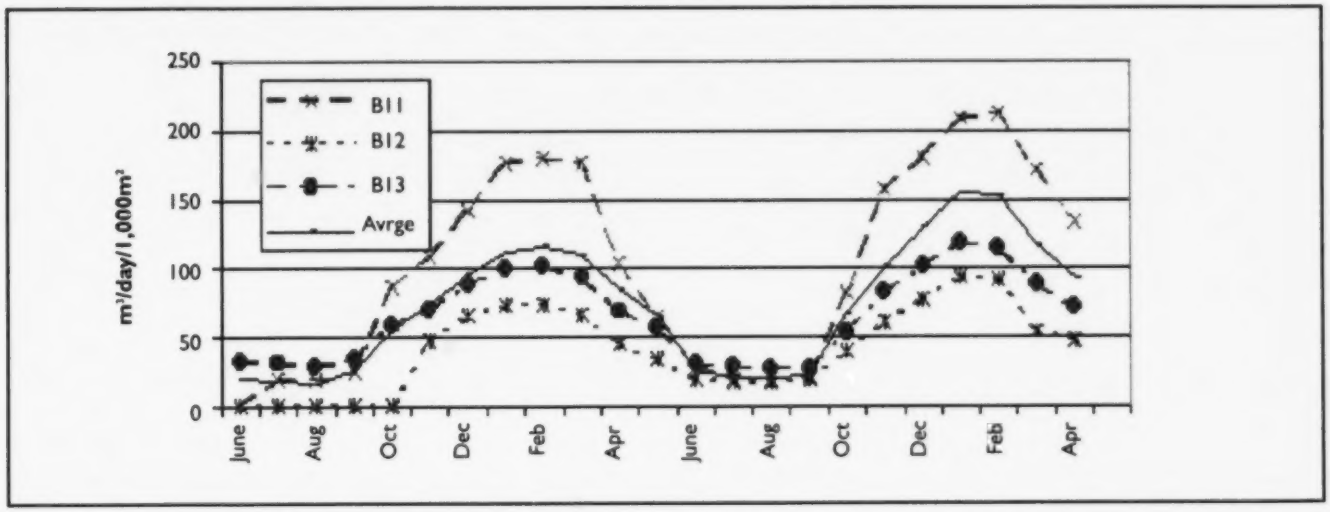

Figure 3: Annual Gas Load Profile for Selected Buildings (gas heated buildings)

Figure 4 depicts the monthly variation in electricity load for a sample of gas heated buildings with central a/c systems. The impact of the operation of the a/c system is evident in the summer months. For buildings with no central a/c (not shown), a rise in consumption during the summer was noted—this may have been due to the use of window a/c units.

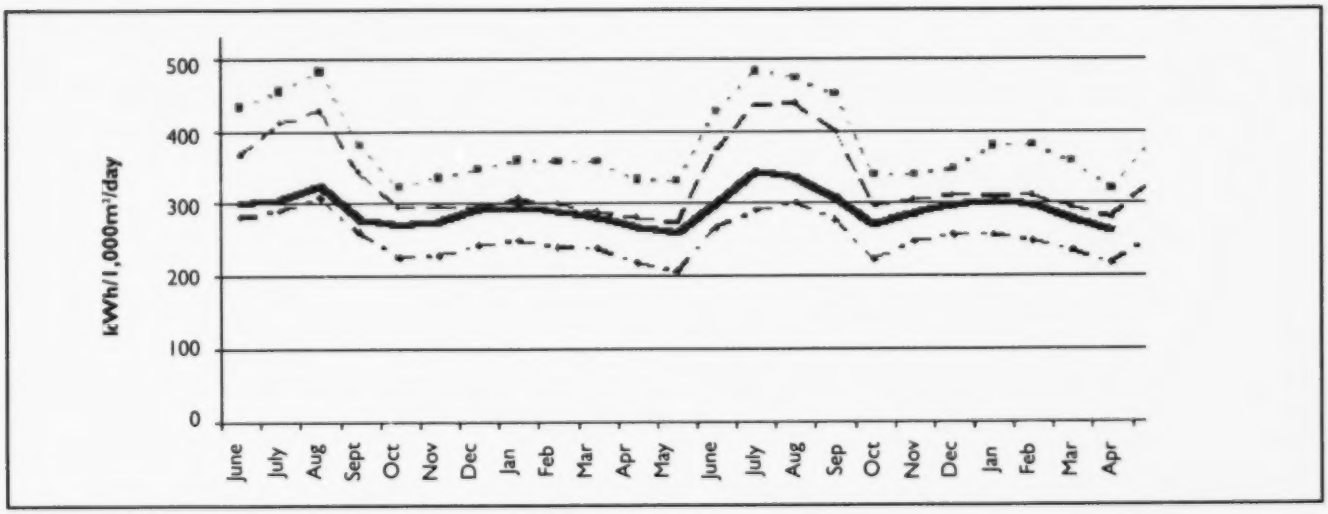

Figure 4: Annual Electricity Load Profile for Selected Buildings

The daily water consumption per unit area, summarized by months, is shown in Figure 5 for selected buildings without pools. Slight increases in water use during the summer months can likely be attributed to lawn watering and car washing (the sudden downward spike in the water consumption of one of the plots indicates a lack of readings and not a lack of usage). Perhaps one of the most striking features of the water usage graphs is the range of consumption between the buildings. The difference between the highest and lowest water consumption is much greater than that of other utilities. It was also noted that water meters are rather unreliable and routinely break down.

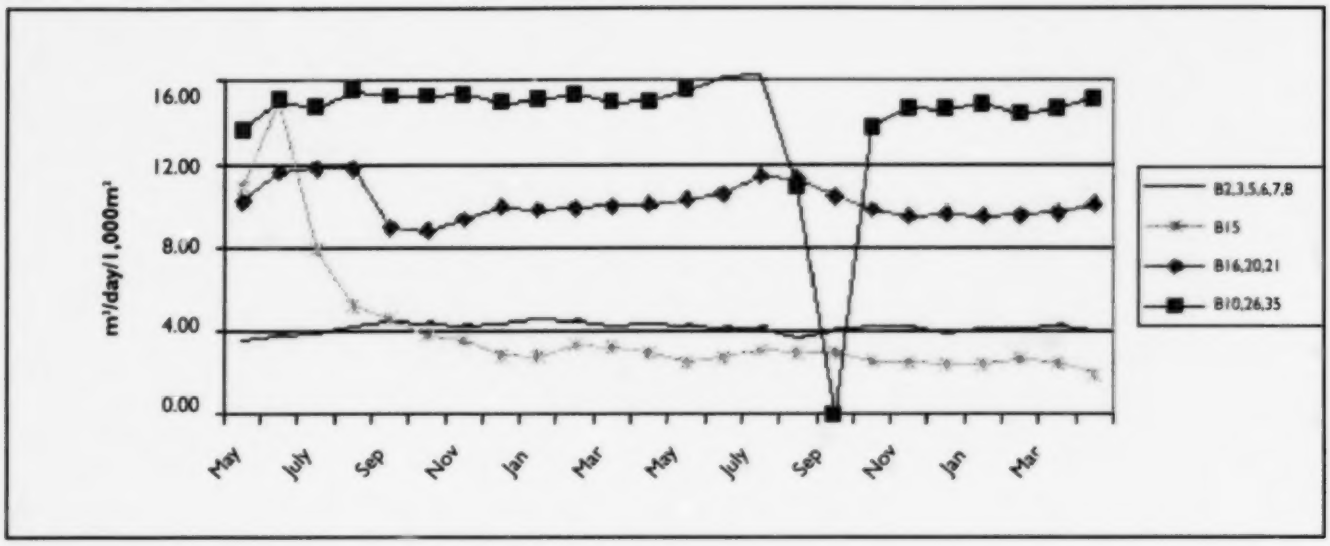

Figure 5: Annual Water Consumption Load Profile for Selected Buildings

The research also involved the compilation of simultaneous consumption data for natural gas and electricity. In peak winter demand conditions, the demand for gas was found to be approximately 2.5 to 3 times the demand for electricity in equivalent energy terms. Coincidental demand during the spring and fall were more closely matched with natural gas dominating in the spring and electricity demand dominating in the fall.

IMPLICATIONS FOR THE HOUSING INDUSTRY

The research identifies the magnitude of daily, month and annual energy and water use in a set of multi-unit residential buildings. The information is useful to show where, how much, and when, energy and water is used in buildings. This information can be useful in the assessment of the potential impacts of energy and water efficiency upgrades and the development of strategies for load shifting to take advantage of time of use energy rate schedules.

The research also shows the variability of energy and water use in multi-unit residential buildings which in turn may infer the potential reductions in energy and water use possible. The lack of a strong correlation between energy consumption and building characteristics seems to suggest that other factors, such as poor heating system control and other energy losses, are affecting the performance of the buildings.

CMHC Project Manager: Duncan Hill,
Housing Technology Group

Research Report: Energy and Water Consumption Load Profiles in Multi-Unit Residential Buildings, June 2005, English only

Research Consultant: Douglas Hart,
OZZ Energy Solutions Inc.

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our website at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

©2005, Canada Mortgage and Housing Corporation
Printed in Canada
Produced by CMHC 24-11-05

OUR WEBSITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

64940

LE POINT EN RECHERCHE

Décembre 2005

Série technique 05-119

PROFILS DE LA CHARGE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET D'EAU DANS LES COLLECTIFS D'HABITATION

INTRODUCTION

La recherche permet de commencer à comprendre la consommation annuelle d'énergie et d'eau des collectifs d'habitation, mais on dispose actuellement de peu d'information pour décrire les modèles de consommation de gaz naturel, d'électricité et d'eau à un moment quelconque ou pendant une journée, une semaine, un mois ou une saison en particulier. Cette information est nécessaire à l'évaluation de l'efficacité énergétique et de l'économie d'eau dans les collectifs d'habitation, surtout dans l'application de technologies de cogénération et de délestage des charges.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement a amorcé un projet de recherche en vue d'accéder à une base de données exclusive de Ozz Corporation visant les relevés de compteur aux 15 minutes de la consommation de gaz naturel, d'électricité et d'eau de 34 collectifs d'habitation, et ce sur une période de deux ans à partir du 1er mai 2001. Les bâtiments sont situés en majorité dans la région du Grand Toronto (Ontario). Bien que la base de données demeure exclusive, l'information sur les profils de charges d'énergie et d'eau illustre le mode de consommation de l'énergie et de l'eau sur une base horaire, quotidienne et mensuelle, ainsi que l'ampleur globale de l'utilisation. Les profils de la charge des bâtiments individuels ne sont pas les seuls renseignements dignes d'intérêt, puisque les variations entre bâtiments, d'équipement et de taille similaires, le sont aussi. Cette recherche renseigne aussi sur les différentes caractéristiques des 34 bâtiments, précise la consommation d'énergie et d'eau et donne un aperçu de la consommation de gaz, d'électricité et d'eau à intervalles de 15 minutes pour un certain nombre de bâtiments du groupe échantillon. De plus, elle renferme une analyse préliminaire des données sur les charges annuelles pour le gaz et l'électricité.

PROGRAMME DE RECHERCHE

La consommation de gaz naturel et les charges électriques de 34 collectifs d'habitation de même que la consommation d'eau de 21 de ces bâtiments ont été recueillies sur une période de deux ans. Les bâtiments dénombraient de 69 à 473 logements. Dans tous les bâtiments, l'eau domestique était chauffée par un système central de chaudières à gaz. Trois des bâtiments étaient chauffés à l'électricité, alors que les autres bâtiments l'étaient par des chaudières au gaz naturel raccordées à des convecteurs-plinthes ou à des ventilo-convecteurs. La facturation de l'électricité se fait de façon collective pour la plupart des bâtiments (26 sur 34), y compris les trois chauffés à l'électricité, et de façon individuelle pour huit bâtiments, mais aucune donnée par logement n'a été recueillie.

Les données sur la consommation d'énergie et d'eau ont été analysées en fonction des éléments suivants

- consommation annuelle totale par bâtiment
- consommation d'énergie annuelle normalisée selon l'aire de plancher
- consommation d'eau annuelle normalisée par appartement
- consommation quotidienne pour la période de deux ans
- consommation simultanée de gaz et d'électricité pour des périodes distinctes

Une analyse statistique détaillée a été entreprise afin d'établir s'il y avait une corrélation entre les caractéristiques des bâtiments et les modèles de consommation d'énergie ou d'eau observés et le degré des corrélations qui ont été constatées.

Les exposés suivants mettent en évidence certains résultats tirés de l'étude.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

RÉSULTATS

La consommation annuelle totale d'énergie s'étendait sur une plage de 281 à 581 kWhe/m² pour les bâtiments chauffés au gaz naturel et de 340 à 347 kWhe/m² pour ceux chauffés à l'électricité. La figure 1 montre la consommation annuelle normalisée (par 1 000 m² d'aire de plancher) de gaz et d'électricité pour chaque bâtiment à l'étude — réunis en sous-groupes qui mettent en évidence la source d'énergie utilisée pour le chauffage, la présence de climatisation et l'inclusion ou non dans les données sur la consommation électrique de l'utilisation par appartement. Dans tous les bâtiments, l'eau domestique était chauffée au gaz naturel. Les bâtiments de l'ensemble échantillon du groupe 1 étaient chauffés à l'électricité (sans climatisation — d'où la consommation plus élevée en électricité comparativement aux autres bâtiments). Les groupes 2 et 3 étaient chauffés au gaz et la facturation de l'électricité se faisait de façon collective. Cependant, le groupe 2 comportait un système de climatisation centrale alors que le groupe 3 n'en avait pas. Les bâtiments du groupe 4 étaient chauffés au gaz, n'avaient pas de climatisation et l'électricité ne servait que pour les aires communes illustrées (c.-à-d. qu'elle n'était pas utilisée dans les logements).

d'incohérences dans la consommation en gaz du bâtiment. La mesure des ces irrégularités inexplicables avait aussi un rapport très étroit non seulement avec la quantité de gaz totale, mais aussi avec la consommation totale d'électricité. On présume que de nombreux bâtiments consommant de grandes quantités de gaz et d'électricité ne sont pas équipés de commandes adéquates pour régulariser la consommation d'énergie.

La consommation annuelle de gaz naturel se situait entre 18 et 43 m³/m² d'aire de plancher (moyenne de 28 m³/m²). La consommation annuelle d'électricité dans les bâtiments équipés d'un système central de climatisation était, en moyenne, de 116 kWh/m² alors qu'elle était de 101 kWh/m² dans les bâtiments sans climatisation, dénotant une consommation plus élevée d'électricité. Fait intéressant, la consommation d'électricité, une fois normalisée par logement, est en réalité inférieure dans les bâtiments climatisés. Il s'agit là d'une autre indication que les écarts importants d'efficacité énergétique (consommation par logement) parmi les bâtiments ne sont pas liés aux installations ou aux services existants. La consommation annuelle moyenne pour le chauffage des locaux, l'eau chaude domestique et l'électricité est montrée ici pour les bâtiments chauffés au gaz naturel (figure 2).

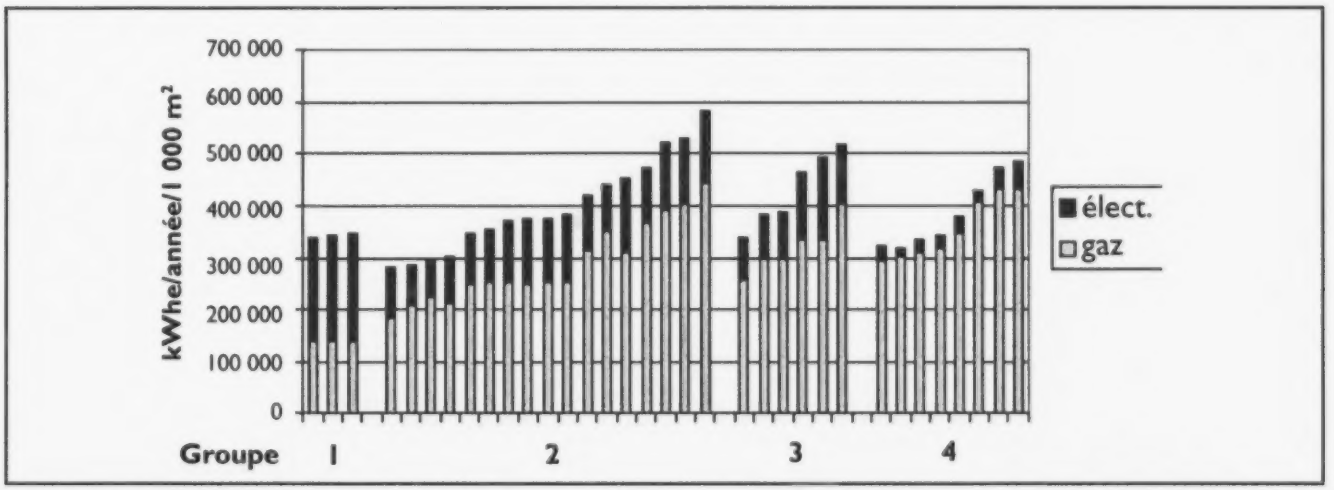

Figure 1 : Consommation annuelle totale d'énergie

En général, la recherche a permis de constater, parmi les 34 bâtiments à l'étude, que la consommation d'énergie différait de plus du double d'un bâtiment à l'autre. Cela s'applique autant à la consommation totale d'énergie qu'à la consommation de gaz naturel et d'électricité prise séparément. On ne pouvait pas attribuer en toute fiabilité les différences de consommation à l'âge, à l'aire de plancher ou à la hauteur des bâtiments ou encore à des installations comme une piscine intérieure ou extérieure. Les différences peuvent toutefois s'expliquer par les variations de l'isolation, les fuites d'air, l'efficacité de la combustion, les pertes de chaleur par la paroi, les contrôles et l'inefficacité de la distribution des systèmes au gaz naturel ou à la mauvaise gestion de l'énergie en général. Les écarts de consommation par logement avaient un rapport très étroit avec la mesure d'irrégularités ou

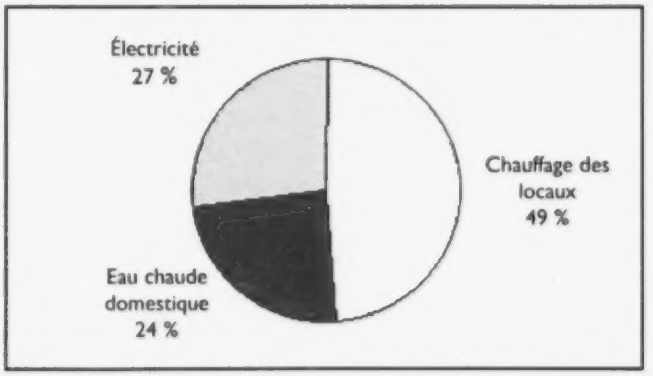

Figure 2 : Répartition de la consommation annuelle moyenne d'énergie (bâtiments chauffés au gaz)

La consommation d'eau a été en moyenne de 209 m³/appartement par année, la plage de consommation étant de 92 à 313 m³/appartement par année. Les chiffres indiquant la consommation correspondent aux estimations de la consommation moyenne d'eau d'un ménage canadien qui s'étend de 192 à 313 m³/appartement par année dans un appartement occupé par deux personnes (fondée sur 263 à 313 litres par personne par jour).

Le profil de la consommation annuelle de gaz naturel est illustré à la figure 3 pour les bâtiments chauffés au gaz sélectionnés. La variation saisonnière est évidente et la charge de gaz « de base » pour l'eau chaude domestique se constate durant les mois d'été. La charge d'eau chaude domestique suggérée par la figure 3 concordait bien avec la consommation observée de gaz naturel pour le chauffage de l'eau chaude domestique dans le sous-groupe de bâtiments ch[illegible]s à l'électricité.

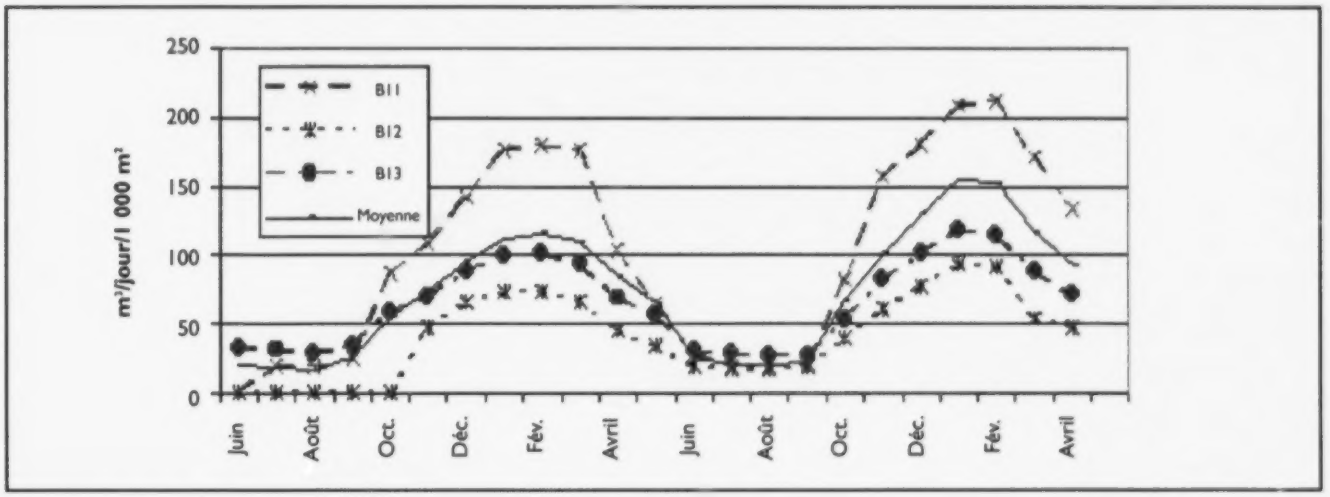

Figure 3 : Profil de la charge annuelle de gaz pour un échantillon de bâtiments (bâtiments chauffés au gaz)

La figure 4 illustre la variation mensuelle de la charge d'électricité pour un échantillon de bâtiments chauffés au gaz équipés d'un système de climatisation central. Les répercussions du fonctionnement de la climatisation sont évidentes durant les mois d'été.

Pour les bâtiments sans climatisation centrale (non montrés), on a remarqué une hausse de la consommation durant l'été, hausse pouvant s'expliquer par le recours à des climatiseurs individuels de fenêtre.

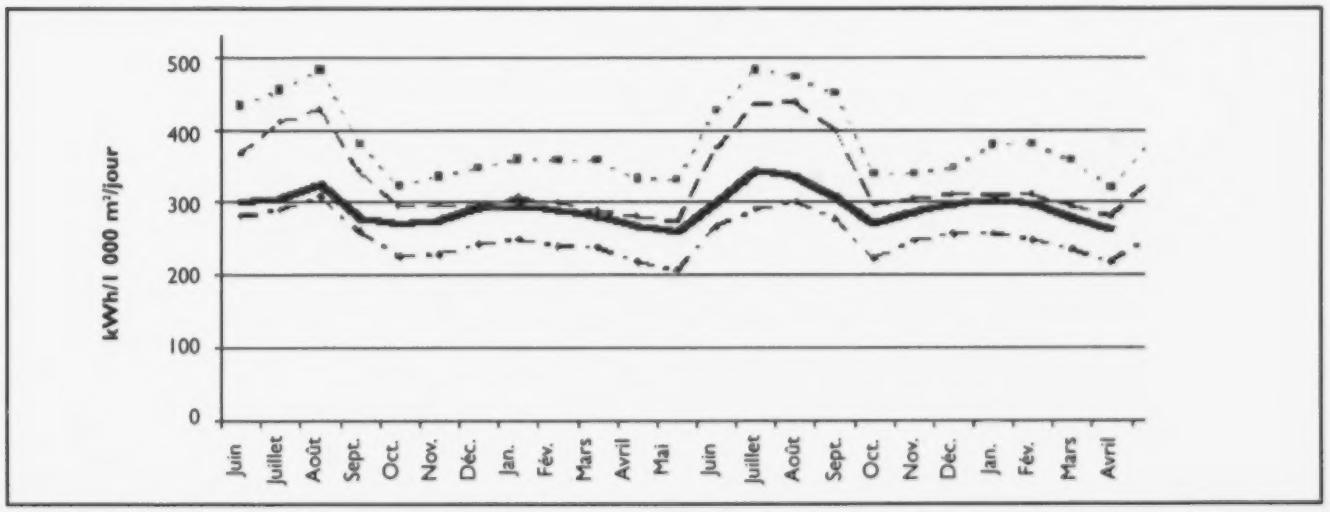

Figure 4 : Profil de la charge annuelle d'électricité pour un échantillon de bâtiments

La consommation quotidienne d'eau par logement, résumée par mois, est illustrée à la figure 5 pour les bâtiments sélectionnés sans piscine. Les légères augmentations de consommation d'eau durant les mois d'été peuvent sans doute être attribuées à l'arrosage des pelouses et au lavage des autos (la pointe descendante brusque qu'enregistre la consommation d'eau de l'un des groupes indique l'absence de relevés et non une diminution de la consommation).

L'une des caractéristiques les plus frappantes des diagrammes de consommation d'eau est probablement l'écart de consommation entre les bâtiments. En effet, la différence entre les consommations d'eau la plus élevée et la plus basse est beaucoup plus grande que celle des autres services publics. On a aussi remarqué que les compteurs d'eau sont plutôt peu fiables et qu'ils brisent fréquemment.

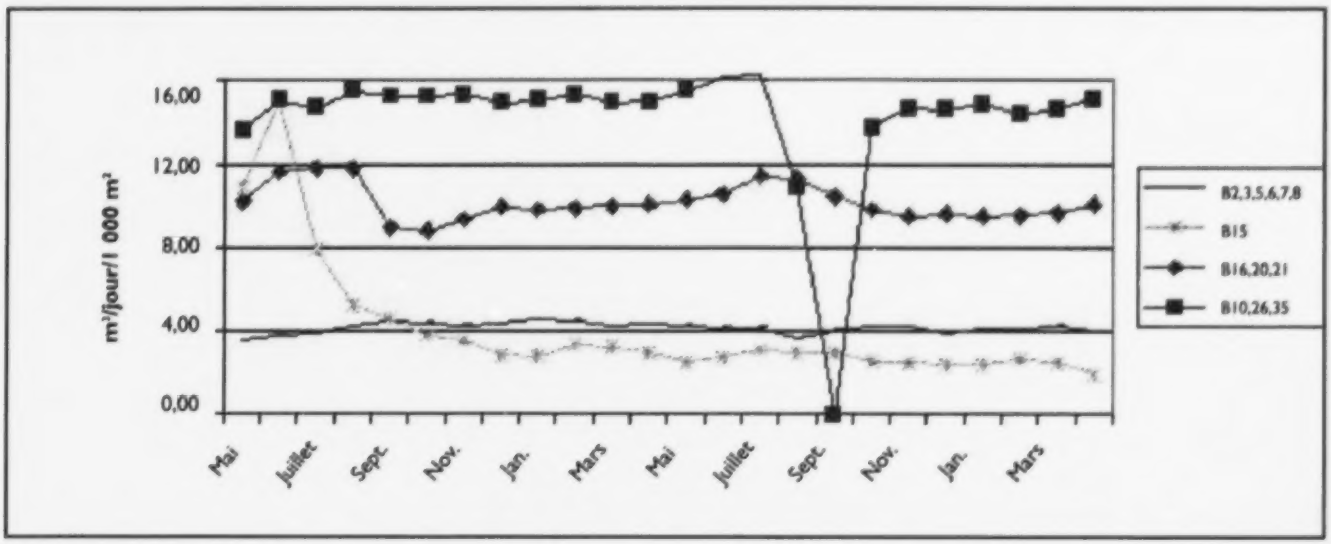

Figure 5 : Profil de charge de la consommation annuelle d'eau pour un échantillon de bâtiments

La recherche comportait également la compilation des données des consommations simultanées de gaz naturel et d'électricité. Pendant les périodes de demande de pointe hivernales, on a constaté que la demande en gaz dépassait d'environ 2,5 à 3 fois la demande en électricité, exprimée en équivalents énergétiques. Les demandes coïncidentes pendant le printemps et l'automne ont pu être rapprochées de façon plus étroite, la consommation de gaz étant supérieure au printemps et celle de l'électricité étant supérieure à l'automne.

CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DU LOGEMENT

La recherche permet d'établir l'ampleur de la consommation quotidienne, mensuelle et annuelle d'énergie et d'eau dans des collectifs d'habitation. L'information est utile afin de démontrer où, quand et quelle quantité d'énergie et d'eau sont consommées dans les bâtiments. Ces renseignements peuvent être utiles lorsqu'il faut évaluer les répercussions possibles des améliorations de l'efficacité en termes de consommation d'énergie et d'eau, et l'élaboration de stratégies visant le transfert des charges afin de tirer avantage des échelles tarifaires pour l'énergie fondées sur le moment d'utilisation.

La recherche a aussi permis de démontrer la variabilité de la consommation d'énergie et d'eau dans les collectifs d'habitation, ce qui nous permet de supposer que des réductions éventuelles d'énergie et d'eau sont possibles. L'absence d'une forte corrélation entre la consommation d'énergie et les caractéristiques du bâtiment semblent indiquer que d'autres facteurs, tel un mauvais contrôle du système de chauffage et autres pertes d'énergie, nuisent à la performance des bâtiments.

Directeur de projet de la SCHL : Duncan Hill, Groupe de la technologie résidentielle

Rapport de recherche : *Energy and Water Consumption Load Profiles in Multi-unit Residential Buildings*, juin 2005, disponible en anglais seulement

Consultant en recherche : Douglas Hart, OZZ Energy Solutions Inc.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

©2005. Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 24-11-05

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

64941